تشخيص لأهم عوامل ومظاهر تلف مواد البناء الأثرية في موقع قرح (المابيات) في المملكة العربية السعودية: دراسة ميدانية تحليلية

عبدالناصر بن عبدالرحمن الزهراني

ملخص: يتعرض موقع قرح (المابيات) لعوامل تلف متعددة، وتظهر آثار هذه العوامل على المباني: الأحجار وطوب اللبن والآجر والمونة وطبقات اللياسة. يدرس هذا البحث تلك العوامل، وتأثيرها على المباني. من أجل هذه الدراسة جمعت عينات من الموقع وفحصت معملياً باستخدام طرق التحليل غير المتلف للعينة، مثل: المجهر الضوئي (Light Optical Microscope «LOM»)، والمجهر المستقطب (Polarized Microscope «PM»)، والمجهر الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope «SEM»)، وطريقة حيود الأشعة السينية (X-Ray Diffraction «XRD»). كذلك تمت دراسة خواص تربة الموقع لمعرفة التصنيف الحبيبي للتربة (Grain Size Analysis)، وحد السيولة (Liquid Limit «LL»)، وحد المرونة (Plastic Limit «PL»). وسجلت نتائج البحث في نهاية البحث.

Abstract. .Qarh (Al-Mabbiayat) suffers different deterioration factors, and the effect of these appears on stones, mud bricks, tiles, and layers of mortars. The paper studies these important deterioration agents and their effects on the buildings. Samples have been collected from Qarh site and analyzed by a number of non-destructive Methods such as polarized microscope "PM", Scanning Electron Microscope "SEM", X-Ray Diffraction "XRD", Grain Size Analysis, Liquid Limit "LL" and Plastic Limit "PL". The results of these analyses are recorded at the end of the paper.

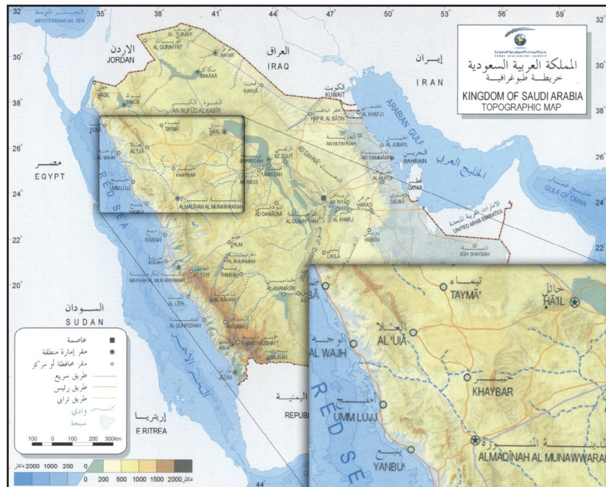
١. المقدمة:

قُرح (المابيات)

شمال: ٣٠َ ٢٦°

شرق: ٠٣َ ٣٨°

تقع قرح في محافظة العلا بمنطقة المدينة المنورة على بعد نحو ١٨ كيلومتراً إلى الجنوب الشرقي من مدينة العلا، باتجاه المدينة المنورة (الخريطة: ١)، بالقرب من المغيراء، وسط سهل فسيح تحيط بها مجاري السيول، وتنعدم فيها وسائل الدفاع الطبيعية. وتعرف قرح اليوم عند أهل العلا بـ«المابيات»، وتحتل مساحة ٦٤٠ ألف متر مربع، وهي أرض فضاء يحيط بها بقايا سور متعرج (الشكل ١). وقرح وادي القرى المعروف (ابن قتيبة ١٩٦٠م: ٢٩؛ الأصفهاني ١٩٦٨م: ٣٩٧، ٤٠٠)، وقيل هي مدينة وادي القرى (البكري ١٩٨٣م: ٢٢٠). وعدّت قبل الإسلام من الأسواق التجارية المشهورة (الأفغاني ١٩٦٠م: ١٩٤)، واشتهرت في العصر الإسلامي، إذ يُعتقد أن الرسول محمد، صلى الله عليه وسلم، صلى بها وهو في طريقه إلى تبوك. وازدهرت في العصر الإسلامي حيث عُبِّر عنها بوادي القرى، وأنها المدينة الرابعة، في الجزيرة العربية، بعد مكة والمدينة واليمامة (الإصطخري



الخريطة ١: خارطة طبوغرافية للملكة العربية السعودية موضحاً فيها موقع محافظة العلا.

(ص ص ٨١-١٠٢) ردمد ١٣١٩-٨٩٤٧

١٩٢٧م: ١٩)، بل إن بعضهم وصفها، في القرن الرابع الهجري (العاشر الميلادي)، أنها المدينة الثانية في الحجاز بعد مكة (المقدسي ١٩٠٦م: ٨٤).

وقد وُصفت قرح في النصف الثاني من القرن الرابع بـ: (ناحية قرح تسمى وادي القرى، وليس بالحجاز اليوم بلد أجل وأعمر وآهل وأكثر تجاراً وأموالاً وخيرات بعد مكة من هذا، عليها حصن منيع، على قرنته قلعة قد أحدق به القرى وأكنف به النخيل، ذو تمور رخيصة وأخيار حسنة ومياه غزيرة ومنازل أنيقة وأسواق حارة، عليه خندق وثلاثة أبواب محددة، والجامع في الأزقة في محرابه عظم، قالوا: هو الذي قال للنبي صلى الله عليه وسلم: «لا تأكلني فأنا مسموم». وهو بلد شامي مصري عراقي حجازي، غير أن ماءهم ثقيل وتمره وسط حمامهم خارج البلدة) (المقدسي ١٩٠٦م: ٦٨-٦٩).

واستمرت كذلك حتى نهاية القرن السادس الهجري (الثاني عشر الميلادي) ثم اختفى اسمها واسم الوادي عند أهل المنطقة ولم تعد تعرف إلاّ في كتب التاريخ والجغرافيين، حتى أن الرحالة داوتي عندما زار العلا عام ١٨٧٧م وسأل البدو والمتعلمين من أهل العلا عن قرح لم يجد أحداً منهم قد سمع بها أو يتذكر اسمها (Doughty 1926: 161).

وكشفت حفائر وكالة الآثار في موقع قرح (إبراهيم وآخرون ١٤٠٥هـ: ١١٣-١٢٣؛ إبراهيم وآخرون ١٤٠٦هـ: ٧١-٧٨)، وتلك التي تقوم بها جامعة الملك سعود، عن القنوات المائية التي كانت بها، وأن المدينة كانت محاطة



الشكل ١: صورة جوية لموقع قرح (المابيات) يوضح المعالم الرئيسية بالموقع.

بسور متعرج وحوله خندق وحصن منيع في أعلى الجبل (العمير ١٤٢٧هـ: ٢١٧-٢٥٢). وتوجد مصانع الفخار والآجر في جنوب الموقع (الشكل: ١).

٢- تنقيبات جامعة الملك سعود بموقع قرح

بدأت بعثة قسم الآثار، بكلية السياحة والآثار بجامعة الملك سعود، موسمها الأول لأعمال التنقيب الأثري في موقع قرح في الفصل الدراسي الأول ١٤٢٥/١٤٢٦هـ، ويصاحبه مشروع ترميم موقع قرح، الذي يقوم به قسم إدارة موارد التراث والإرشاد السياحي، وما تزال البعثة والمشروع قائمين حتى اليوم، وقد كشفت البعثة عن بقايا مدينة إسلامية محاطة بسور متعرج، وبعض المباني مشيدة باللبن المجفف والآجر، وطليت جدرانها من الداخل بالجص، ومن الخارج بالطين، وبلطت أرضيات بعض الغرف ببلاطات من الطوب المحروق، وبعضها بالجص أو الطين؛ ومن أهم المعثورات التي وجدت في هذا الموقع أجزاء من الأواني الخزفية الفخارية؛ كان من أبرزها الخزف ذو البريق المعدني، الذي يعدّ من أجود منتجات الخزف الإسلامي، إضافة إلى بعض المسكوكات والزجاج والمجامر المصنوعة من الحجر الصابوني، وبعض النصوص الكتابية. كما عثر على بعض الأخشاب التي كانت تستخدم أوتاداً وعوارضَ في السقوف (العمير وآخرون ١٤٢٧هـ: ٢٣٢-٢٥٢).

٣- مواد الدراسة وطرقها:

اعتمدت الدراسة، أساساً، على تسجيل مراحل الكشف الأثري للظواهر المعمارية بالموقع، وتقييم مظاهر التلف المختلفة، ومحاولة معرفة عوامل التلف الأساسية عن طريق دراسة أولية لجيولوجية المنطقة موضوع الدراسة، وكذلك دراسة المناخ، ودراسات سابقة لموقع دادان القريب من قرح، وإن كان يختلف من حيث مواد البناء (الزهراني ١٤٢٧هـ: ٥١٥-٥٥٧) وتدوين الملاحظات الميدانية (Field Observation)، واستخدام طرق الفحص والتحاليل العلمية للعينات التي جُمعت من الموقع، وحللت بالطرق العلمية المختلفة غير المتلفة، المتبعة في كثير من مراكز البحوث والجامعات في العالم (Akman, 2001: 491-498; Papayianni

and Stefanidou, 2001: 509-517; Gurdal,et. al. 2001: 627-636; Bonora, et. al. 2001: 637-647; Aoki, et. al. 2001: 541-551; Ali et. al. 2002: 1-10.)؛ مثل الفحص باستخدام المجهر الضوئي («LOM» Light Optical Microscope)، والفحص بالمجهر المستقطب («PM» Polarized Microscope)، والفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح («SEM» Scanning Electron Microscope)، وطريقة حيود الأشعة السينية (X–Ray Diffraction «XRD»)، كما تمت دراسة خواص تربة الموقع لمعرفة التصنيف الحبيبي للتربة (Grain Size Analysis)، وحد السيولة (Liquid Limit «LL»)، وحد المرونة (Plastic Limit «PL»)، إضافة إلى الوزن النوعي (Specific Gravity «SG»).

٤ - النتائج:

يعدّ جمع العينات ودراسة نتائجها من أهم الخطوات التي تساعد على معرفة حالة الأثر الفعلية، وتحديد مكوناته الأساسية، وما يعانيه من تلف. كما أن الحصول على نتائج دقيقة ودراستها تساعد على استنباط عوامل التلف، ومن ثم وضع الخطة العلاجية المناسبة.

أماكن اخذ العينات

روعي في أخذ العينات، من موقع قرح لإجراء هذه الدراسة، أن تكون هذه العينات ممثله لحالة التلف الفعلية للموقع، لذلك أخذت من الأجزاء التي تعاني من عوامل التلف وفي الوقت نفسه تشخص مظهر التلف بشكل واضح. وفيما يلي (الجدول: ١) يوضح أماكن أخذ العينات من موقع قرح وحالاتها:

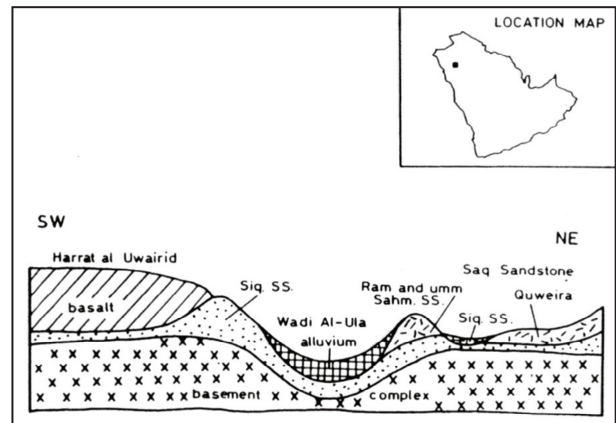
الجدول ١: أماكن أخذ العينات من موقع قرح وحالاتها

م	العينة	الموقع على الشبكة	مكان أخذ العينة	حالة العينة	ملاحظات
١	الأرضية الملساء	M8 شبكة ١١	أرضية غرفة كشف عنها في الموسم الرابع	صلبة ظاهرياً تحتوي على نسبة من الأملاح	سمك العينة يصل إلى ١,٥سم
٢	أرضيات الآجر	K8 شبكة ١١	المصطبة- جنوب غربي الحفرية كشف عنها في الموسم الثاني	متهشمة، ضعيفة	
٣	أرضيات الطوب اللبن	A8 شبكة ١٢	الجزء الشمالي من الحفرية كشف عنها في الموسم الخامس	ضعيفة ومتهالكة	أشكال وأحجام الطوب مختلفة وليست على شكل ثابت
٤	طبقات ملاط طيني	M7 شبكة ١١	الأطلال الموجودة جنوب غربي الحفرية كشف عنها في الموسم الرابع	ضعيفة تحتوي على أملاح	سمكها بين ٠,٧سم إلى ١سم
٥	ملاط ابيض	B7 شبكة ١٢	أقصى شمالي شرق الحفرية كشف عنها في الموسم الخامس	رطبة	أخذت العينة فور الكشف عنها
٦	أحجار (رملية)	K8 شبكة ١١	من أساسات الأطلال الموجودة كشف عنها في الموسم الثاني	مختلفة الألوان أحمر، بني، أصفر	مختلفة الصلابة
٧	المونة	L7 شبكة ١١	روعي تجميع العينات من أماكن متفرقة بالحفرية كشف عنها في الموسم الثالث	ضعيفة وغير متماسكة	لوحظ وجود قش "تبن" بالعينات
٨	التربة	B7 شبكة ١٢	أخذت عينات التربة من أكثر من مجس كشف عنها في الموسم الخامس	تربة طينية رملية	رطبة

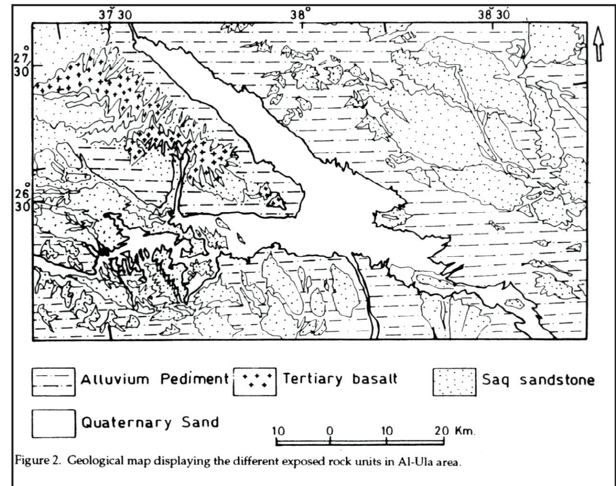
٤-١- الدراسة الجيولوجية:

تتكون منطقة العلا جيولوجياً من ثلاث وحدات صخرية أساسية (El-Bassam & Al-Alawi 1994: 88-90)، كما يلي:

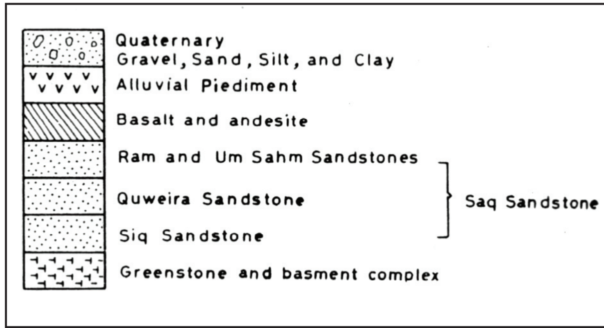
- صخور رملية مسامية ذات ألوان مختلفة (صفراء، وحمراء)، وهي من تكوينات عصر الكامبري: الفترة الجيولوجية الأردوفيتشية Cambrian – Ordovician.
- قاعدة تحتية من الصخور المتبلورة (نارية ومتحولة) Basement complex Crystalline Rock.
- صخور بازلتية بركانية تغطي حرة العويرض Basaltic Volcanic Rock (Harrat Al–Uwayridh)، ويوضح (الشكل: ٢) المقطع الرأسي بمنطقة العلا في الاتجاه الشمالي الشرقي – الجنوبي الغربي.



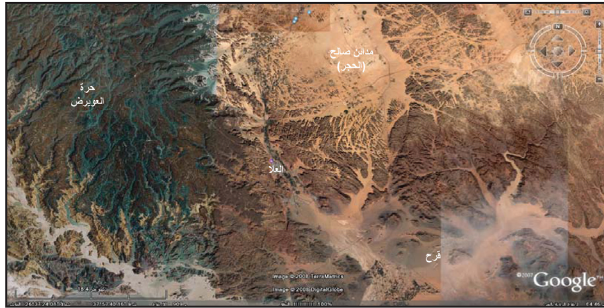
الشكل ٢: المقطع الرأسي بمنطقة العلا في الاتجاه الشمالي الشرقي – الجنوبي الغربي (El-Bassam & Al-Alawi 1994: 88-90).



الشكل ٣: الخريطة الجيولوجية لمنطقة العلا عن: (El-Bassam & Al-Alawi 1994: 88-90)



الشكل ٤: التتابع الطبقي (العمود الجيولوجي) لمنطقة العلا عن: (El-Bassam & Al-Alawi 1994: 88-90)



الشكل ٥: موقع وجيولوجية منطقة العلا وموقع قرح الأثري (موقع جوجل من الشبكة العنكبوتية).

وتجدر الإشارة إلى أن وادي العلا مغطى بالترسيبات الغرينية متغيرة السُمك، حيث يزيد سمكها كلما اتجهنا من الشمال إلى الجنوب، ويصل أعلى سمك لها إلى نحو ٩٤م. وتتكون هذه الطبقة الغرينية من الرمل والحصى والطين (El-Bassam & Al-Alawi 1994: 88-90). ويوضح (الشكل: ٣) الخريطة الجيولوجية لموقع العلا. كما يوضح (الشكل: ٤) العمود الجيولوجي لمنطقة العلا، في حين يوضح (الشكل: ٥) صورة جوية لموقع العلا تظهر موقع قرح الأثري.

٥- الدراسات المناخية

تعدّ دراسة الظروف المناخية المحيطة بالأثر أو بالموقع الأثري (حرارة، رطوبة، أمطار.. إلخ) ذات أهمية كبيرة لتشخيص الحالة الراهنة، وما قد تعرض له من ظروف مناخية أدت إلى تلفه أو الإضرار بمادته الخام. ومن خلال رصد الظروف المناخية بمحافظة العلا في الفترة من ١٩٨٦ – ٢٠٠١م يمكن الوقوف على المعلومات الآتية (الفقير ٢٠٠٦م: ٣٢-٤٠):

ترتفع معدلات الحرارة الشهرية بمحافظة العلا لتصل

إلى أقصاها ٣٧°م في الأشهر: يونيو ويوليو وأغسطس، في حين يميل مناخ فصل الشتاء إلى البرودة، إذ تنخفض معدلات الحرارة لتراوح ما بين ٢٥°م – ١٢°م، لكنها تنخفض عند الصباح الباكر لتصل إلى ٧°م في شهر يناير. ويوضح (الشكل: ٦)، رصداً لدرجات الحرارة بمحافظة العلا في الفترة من ١٩٨٦–٢٠٠١م.

ترتفع الرطوبة النسبية بشكل ملحوظ في فصل الشتاء إذ يرتبط هذا الارتفاع بانخفاض درجة الحرارة. ويعدّ سقوط الأمطار السبب الرئيس في ارتفاع نسبة بخار الماء في الجو.

تتفاوت نسبة هطول الأمطار على محافظة العلا، من حيث الكمية والزمن؛ إلاّ أنها تبدأ مع شهور الشتاء وتراوح كميتها ما بين ١٠,٥ ملم، إلاّ أنها ترتفع إلى نحو ٤٥ ملم خلال شهر ابريل، ثم تنخفض بعد ذلك وتنعدم خلال شهور الصيف. ويوضح الشكل ٧ متوسط الرطوبة النسبية والتبخر وكمية الأمطار الشهرية بمحافظ العلا في الفترة من ١٩٨٦–٢٠٠١م.

٦- الملاحظات الميدانية

تعدّ المعاينة الميدانية من المناهج العلمية المهمة في تحديد حالة الأثر، فمن خلال المعاينة الميدانية لموقع قرح الأثري تم الوقوف على بعض مظاهر التلف، وهي كالتالي:

٦-١- الموقع العام

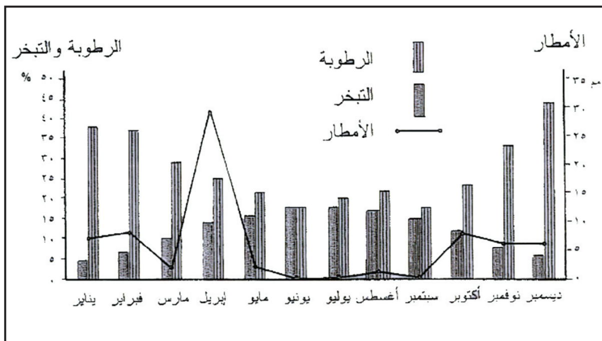
تقع قرح وسط سهل فسيح تحيط به مجاري السيول، وتنعدم فيها وسائل الدفاع الطبيعية – على العكس من دادان الأثرية – ما يؤدي إلى تعرض الموقع إلى سطوع الشمس طوال النهار، ومن ثم زيادة معدلات التبخر، في حال زيادة منسوب الماء السطحي بمنطقة الحفائر، ما يترتب عليه تزهر الأملاح السطحية على سطح التربة. وتوضح (اللوحة ١: أ، ب) الموقع العام لموقع قرح الأثري.

٦-٢- الأرضيات

يعدّ موقع قرح من المواقع المتميزة في ثرائه من حيث تنوع ما تم الكشف عنه من ظواهر، وبخاصة الأرضيات. فمن واقع المعاينة الميدانية للأرضيات بمنطقة الحفرية،



الشكل ٦: رصد لدرجات الحرارة بمحافظة العلا في الفترة من ١٩٨٦–٢٠٠١م (عن مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، التقارير المناخية السنوية لمحطة العلا (الفقير ٢٠٠٦م: ٣٥)



الشكل ٧: متوسط الرطوبة النسبية والتبخر وكمية الأمطار الشهرية بمحافظة العلا في الفترة من ١٩٨٦–٢٠٠١م. (عن مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، التقارير المناخية السنوية لمحطة العلا (الفقير ٢٠٠٦م: ٣٨).

لُوحظ وجود ثلاثة أنواع رئيسة من الأرضيات المنتشرة في الموقع، وهي كالآتي:

أرضيات ملساء، تستخدم غالباً في الأماكن الرطبة، التي يكثر فيها استخدام الماء. ولُوحظ في مثل هذه الأرضيات وجود شروخ عميقة أدت إلى انفصال بعض أجزاء هذه الأرضيات، ووصلت في بعض الحالات إلى فقدان نصف الأرضية. (اللوحة ٢: أ، ب). ويتضح من خلال التحليل بطريقة حياد الأشعة (الشكل: ٢٥) أن تركيبة هذه الأرضيات الملساء تتكون من باسونايت (Passanite) «الجبس الباريسي» (Plaster of Paris)، إضافة إلى فتات الصخور النارية المتحولة ورمل وجير؛ كما يلاحظ من خلال الفحص البصري وجود نسبة من رماد الفرن ذي اللون الرمادي (انظر نتائج التحليل بطريقة حياد الأشعة في مناقشة النتائج).

أرضيات مبلطة بالآجر وهي الشائعة في الموقع، وأهم


أ


ب

اللوحة ١: أ، ب: (أ) الموقع العام لموقع قرح بمحافظة العلا، (ب) صورة لموقع الحفرية.

مظاهر تلف هذه الأرضيات هبوط التربة، إضافة إلى ضعف المونة المستخدمة في تثبيت هذه الأرضيات، حيث استخدمت بشكل عام، مونة الطين في تثبيت الأرضيات، كما يتضح من (اللوحة ٣: أ، ب).

أرضيات من الطوب اللبن، وهي الأضعف في الموقع، إذ تهالك معظمها نتيجة عمليات التعرية والاحتكاك، إضافة إلى ضعف مادة اللبن المستخدمة.

٦-٣- الجدران

لُوحظ وجود نوعين أساسيين من العناصر المعمارية والمباني في الموقع، هما:

جدران وعناصر معمارية مبنية من الآجر، منها ما هو مبني بطريقة مستقيمة، ومنها ما بني على شكل أبراج شبه دائرية، وفي كلتا الحالتين لوحظ فقدان المداميك العليا من الجدران، وتزهر الأملاح بشكل ملحوظ حيث تترك بقع بيضاء تغطي معظم سطح الجدار، (اللوحة ٤: أ، ب).

جدران مبنية من الطوب اللبن، تمثل معظم جدران موقع قرح. لُوحظ سماكة هذه الجدران، إذ يصل إلى ٨٠ سم في معظم الأحيان، كذلك لوحظ تآكل السطح بشكل كبير، وتساقط أجزاء كبيرة من الجدار خاصة في أسفله، (اللوحة ٥: أ، ب). كما لوحظ وجود دعامات من الحجر الرملي التالف خاصة عند الأركان.


أ


ب

اللوحة ٢: أ، ب: الأرضيات الملساء وما بها من شروخ وانفصال.





أ ب

اللوحة ٣: أ، ب: الأرضيات الآجر وما بها من هبوط وشروخ وانفصال.





أ ب

اللوحة ٤: أ، ب: جدران الآجر وبها التكلسات الملحية على السطح.

٦-٤- طبقات الملاط

استخدمت طبقات الملاط بمختلف أنواعها بغرض تكسية وحدات البناء، سواء كانت أحجاراً أو آجراً أو طوبَ لبن، وللحصول على سطح أملس مناسباً للكتابة أو الزخرفة.. إلخ. وقد لُوحظ وجود نوعين أساسيين من الملاط:

- ملاط طيني مكون في الغالب من طبقتين: الأولى: الطين المخلوط بالقش المقرط؛ والثانية: من الطين الناعم المخلوط بالرمل. ومعظم هذه الطبقات في حالة رديئة.
- ملاط أبيض اللون، يتكون غالباً من (الجير، والجبس) + الرمل والقش. تعاني هذه الطبقة من الانفصال والانهيار في بعض المواضع، (اللوحة ٦: أ، ب).

٧- نتيجة الفحص بالمجهر الضوئي

يعدّ المجهر الضوئي أحد الوسائل الأساسية في عملية ترميم الآثار وصيانتها (Anders and Kate 1991: 13-14)، وذلك لمعرفة طبيعة مواد الآثار، والحصول على صورة مفصلة ودقيقة لأهم نواتج التلف، وقد تم فحص عينات جُمعت من موقع قرح بعد إعدادها على شكل شرائح رقيقة لدراسة مكوناتها ومعرفة نسيجها، لتحديد خواصها ومظاهر تلفها. وقد استخدم المجهر (Microscope LEICA DM3000) في عمليات الفحص، بمركز البحوث بكلية العلوم في جامعة الملك سعود.

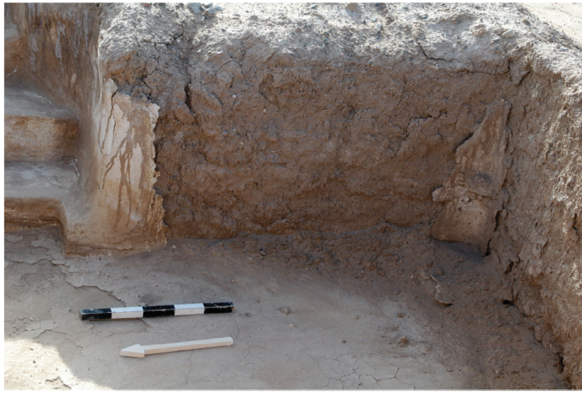
٧-١- نتيجة الفحص بالمجهر الضوئي للطوب اللبن

واجه الباحث مشكلة في إعداد القطاع العرضي للعينة، نظراً لضعف مادة اللبن وفقدان تماسكها عند استخدام الماء في عملية التبريد عند القطع، لذلك استخدم الكيروسين في عملية التبريد بدلاً عن الماء، وقد تم تقوية عينات الطوب اللبن بطريقة الغمر تحت خلخلة الهواء باستخدام جهاز تفريغ الهواء (Behler Vacuum Impregnation Equipment I).

من خلال الفحص بالمجهر الضوئي لقطاعات الطوب اللبن تبين أنها مكونة من طين دقيق الحبيبات (Silt–Clay) مخلوطة بحبيبات الرمل المختلفة الأحجام والأشكال (الدائري والمدبب وحاد الحواف)، وقد لوحظ وجود شروخ وانفصال عميق في حبيبات الرمل؛ ما يدل على تعرضها لإجهادات ميكانيكية، (الشكل ٨: أ، ب). كما لُوحظ أيضاً وجود تجمعات طينية دقيقة ومتفرقة، وهذا دليل على عدم الخلط الجيد، كذلك وجود حبيبات صغيرة من بقايا صخور نارية، (الشكل ٩: أ، ب).

٧-٢- نتيجة الفحص بالمجهر الضوئي للمونة

اتضح من خلال الفحص بالعين المجردة، في موقع قرح، أن هناك تنوعاً في المونة القديمة (التقليدية)؛ مونة الطين، ومونه الجير... إلخ. إلاّ أن مونة الطين تعدّ هي الأكثر شيوعاً بموقع قرح الأثري؛ لذلك تم فحص هذه النوعية لمعرفة بعضِ خواصها باستخدام المجهر الضوئي (LOM).

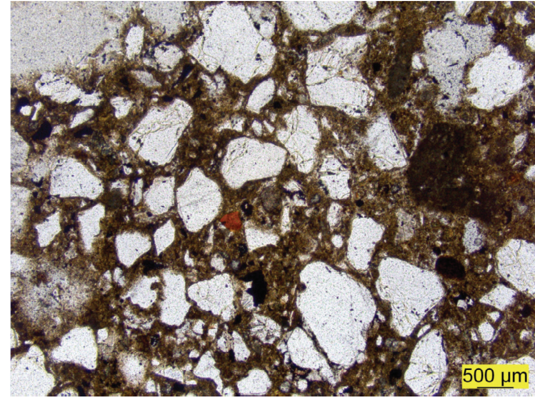
أ ب

اللوحة ٥: أ، ب: جدران اللبن وبها تآكل وانفصال طبقة السطح.

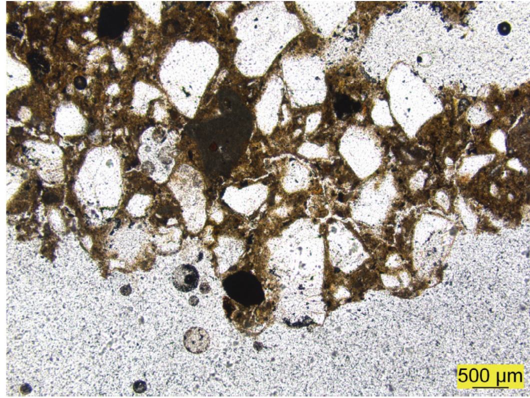



أ ب

اللوحة ٦: أ، ب: ملاط أبيض اللون تساقط وانهارت بعض أجزائه.

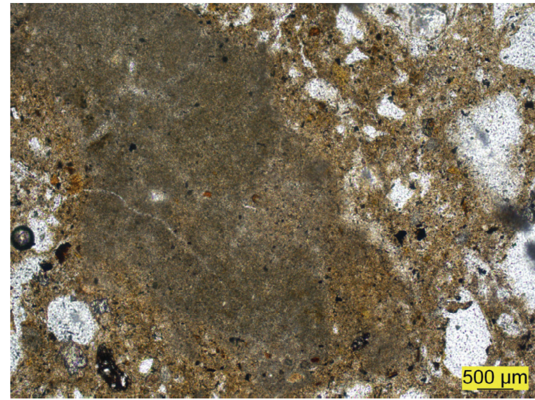


أ



ب

الشكل ٨: أ، ب: صورة بالمجهر الضوئي توضح خليط من الطين والرمل وبقايا حبيبات من فتات صخور نارية.



أ



ب

الشكل ٩: أ، ب: صورة بالمجهر الضوئي توضح مظاهر ضعف وتلف الطوب اللبن الداخلية: (أ)، وتجمعات طينية متجانسة، (ب) شروخ بطول العينة.

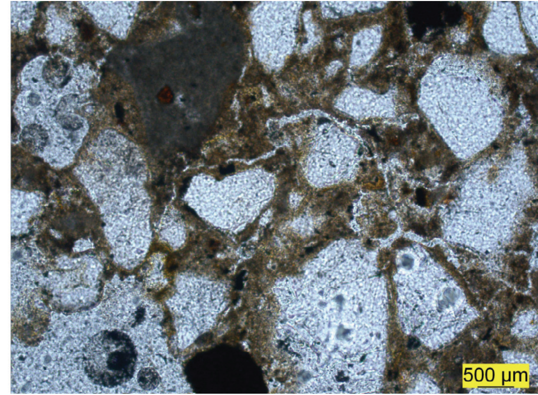
من واقع الفحص بالمجهر لعينات المونة الطينية، وقد اتضح أنها قريبة جداً في التركيب من تركيب عينات الطوب اللبن إلاّ أنها أقل تجانساً، حيث تحتوي على فراغات بينية كثيرة، إضافة إلى وجود شروخ دقيقة داخل عينات المونة، (الشكل ١٠: أ، ب).

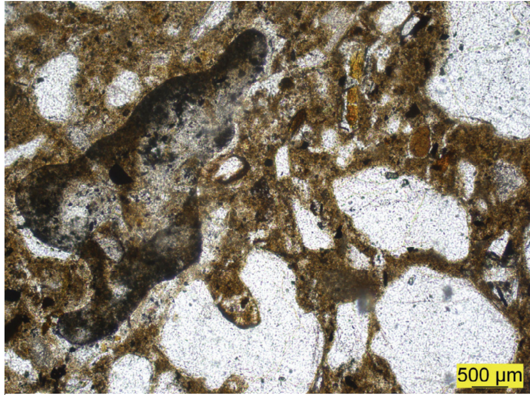
٧-٣ – نتيجة الفحص بالمجهر الضوئي للملاط

تبين، من خلال الفحص بالمجهر الضوئي، أن معظم طبقات الملاط، المكتشفة حتى الآن، تتكون من طبقتين: الأولى: طبقة البطانة الداخلية (مكونة من خليط من الرمل والجير والرماد ونسبة من الطين، إضافة إلى بعض المواد العضوية؛ المتمثلة في القش المقرط). أما الطبقة الثانية: السطحية، فهي خليط من (المادة البيضاء) الجير أو الجبس والرمل، إضافة إلى القش المقرط، انظر (اللوحة ٧: أ، ب؛ الشكلان ١١: أ، ب؛ ١٢: أ، ب).

٧-٤- نتيجة الفحص بالمجهر الضوئي للأحجار

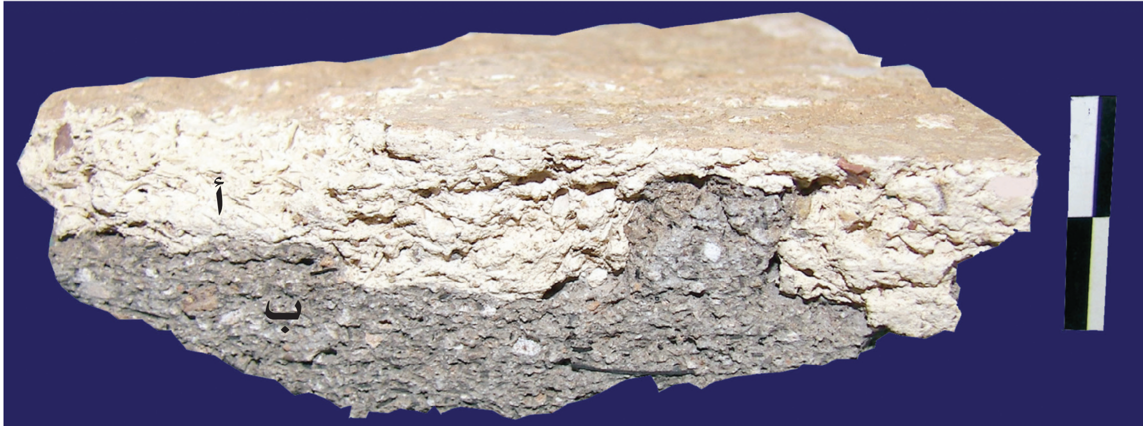
استخدمت الأحجار في موقع قرح الأثري كأساسات لجدران المباني، وكذلك كدعامات جانبية لتقوية المباني وتثبيتها. من خلال فحص عينات الحجر، المستخدم كدعامات بناء في الموقع؛ كما لوحظ التنوع اللوني في الأحجار المستخدمة، التي تم تشخيص عيناتها مبدئياً بأنها أحجار رملية متنوعة الألوان، وبفحصها تبين أن معظمها أحجار جيرية رملية غير متجانسة الحبيبات (من حيث



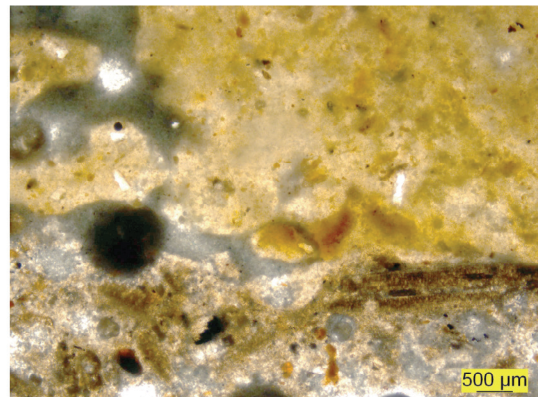


أ ب

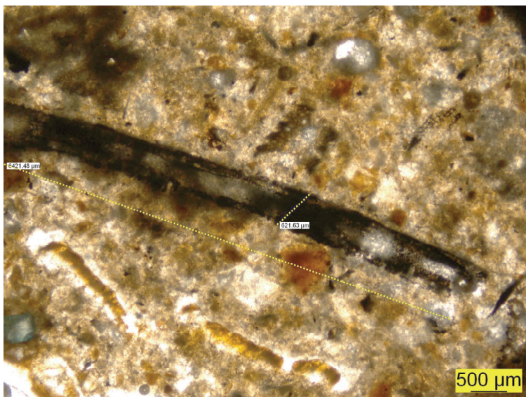
الشكل ١٠: أ، ب: صورة بالمجهر الضوئي توضح مظاهر ضعف وتلف مونة الطين الداخلية: (أ) شروخ داخلية دقيقة، (ب) فراغات متفرقة بالعينة.



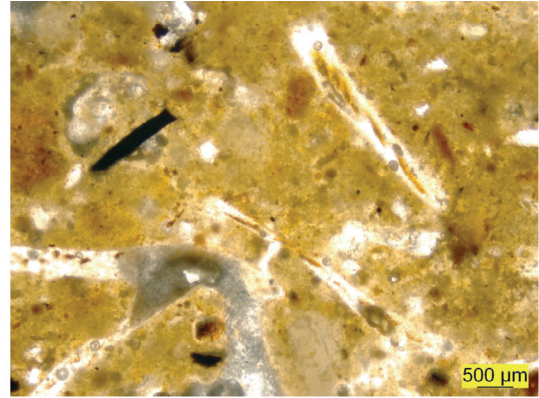
اللوحة ٧: أ، ب: طبقة الملاط ذات الطبقتين.



الشكل ١١: أ، ب: الطبقتان الداخلية والخارجية تحت المجهر الضوئي.



الشكل ١٢: ب: المواد العضوية في الطبقة الداخلية بالمجهر الضوئي.



الشكل ١٢: أ: صورة تفصيلية بالمجهر الضوئي للطبقة الخارجية وبها المواد العضوية.



الشكل ١٢: ب: صورة تفصيلية بالمجهر الضوئي للطبقة الداخلية.

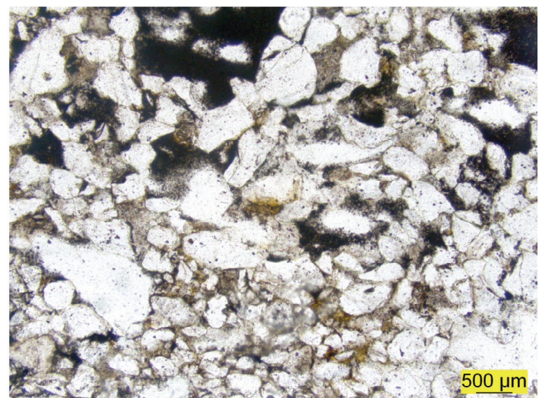
الحجم). فنجد الجير المخلوط بحبيبات دقيقة جداً من الرمل تحتوي على حبيبات رمل مدبب الحواف في معظم الأحيان، إضافة إلى وجود فجوات داخل التركيب الداخلي للحجر. انظر (الشكل ١٣: أ، ب)، إضافة إلى أحجار نارية ممثلة في الجرانيت دقيق الحبيبات.

٨ – نتيجة الفحص بالمجهر المستقطب

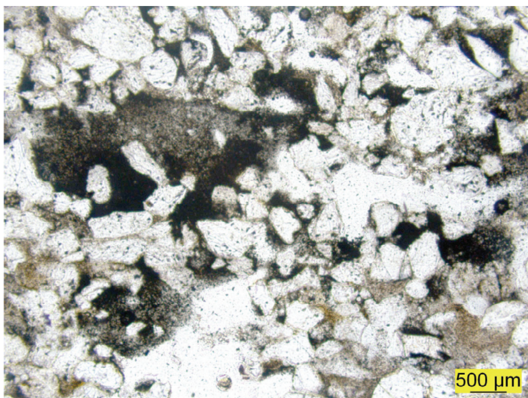
يعدّ التحليل باستخدام المجهر المستقطب من التحاليل المفيدة في التعرف إلى التركيب المعدني للعينة، إضافة إلى معرفة النسيج الداخلي للعينة، وعلاقة الحبيبات المعدنية وأشكالها بالمادة الرابطة الموجودة. تم إعداد العينات كما سبق ذكره بالنسبة لإعداد عينات للمجهر الضوئي (استخدم جهاز ZEISS – Axioskop، في مركز أبحاث كلية العلوم بجامعة الملك سعود).

٨-١- نتيجة الفحص بالمجهر المستقطب لعينات من الطوب اللبن

تبين أن عينات الطوب اللبن تتكون من أرضية من الطين دقيق الحبيبات (Silt-Clay)، مخلوطة بحبيبات الكوارتز المختلفة الأحجام والأشكال (منها الدائري والمدبب وحاد الحواف)، كذلك لوحظ وجود تجمعات صغيرة من الكالسايت المضاف إلى معادن الطين والكوارتز، وقد تبين من خلال الفحص وجود شروخ وانفصال عميق في حبيبات الكوارتز؛ مما يدل على تعرضها لإجهادات ميكانيكية،



أ



ب

الشكل ١٣: أ، ب: صورة بالمجهر الضوئي توضح قطاع رقيق للحجر الجيري الرملي من موقع قرح تظهر نسيج الحجر الداخلي.

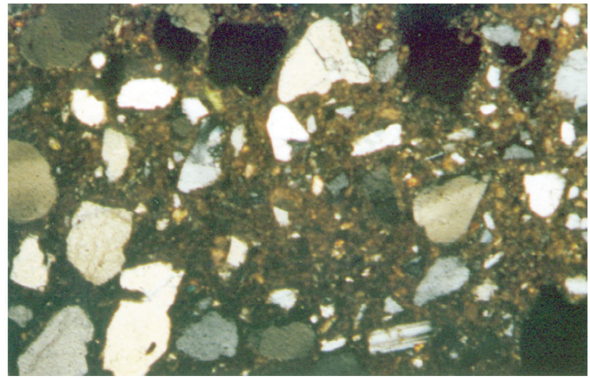
إضافة إلى وجود تجمعات طينية دقيقة ومتفرقة، وهذا يدل على أن خلط معادن الطين لم يكن بتلك الجودة، إضافة إلى وجود حبيبات صغيرة من بقايا الصخور النارية (جرانيت وجرانوديايورايت) (الشكل ١٤: أ، ب، ج، د).

٨-٢- نتيجة الفحص بالمجهر المستقطب للمونة

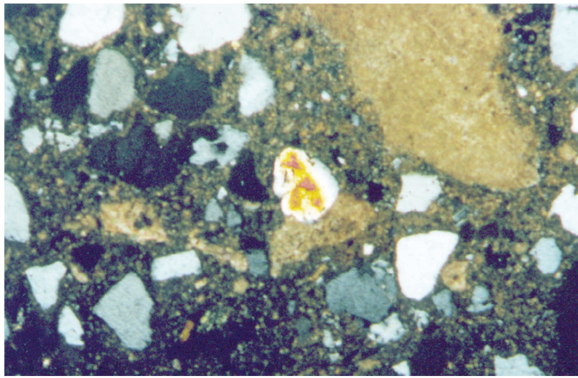
من خلال فحص عينات من مونة موقع قرح، وُجد أنها تتكون من خليط من الرمل والجير والرماد، ونسبة من الطين، إضافة بعض المواد العضوية المتمثلة في القش المقرط. كذلك لوحظ وجود فراغات بينية في معظم العينات. (الشكل ١٥: أ، ب).

٨-٣- نتيجة الفحص بالمجهر المستقطب للأحجار

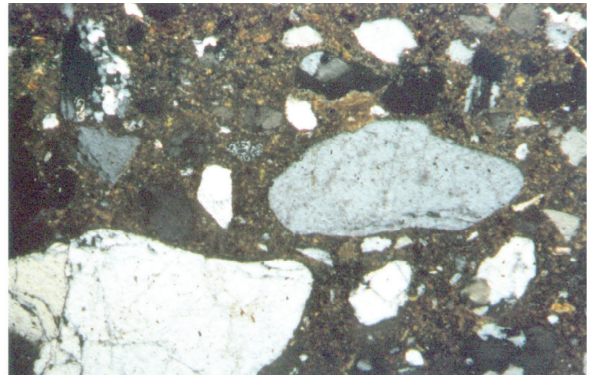
لوحظ من خلال فحص عينات الأحجار المستخدمة كدعامات بناء بموقع قرح، التي تم تشخيصها مبدئياً بأنها حجر رملي، متعدد الألوان؛ وبفحصها في المختبر، تحت المجهر المستقطب، تبين أنها حجر جيري رملي غير متجانس الحبيبات من حيث الحجم؛ إذ يحتوي على جير مخلوط بحبيبات دقيقة جداً من الرمل، وعلى حبيبات رمل مدببة الحواف، في معظم الأحيان، إضافة إلى وجود فجوات داخل التركيب الداخلي للحجر. (الشكل ١٦: أ، ب)، حيث يظهر النسيج غير المتجانس بين حبيبات الكوارتز المدببة الحواف بداخل أرضية مكونة من الكوارتز الدقيق المخلوط مع معادن الطين والكالسايت.



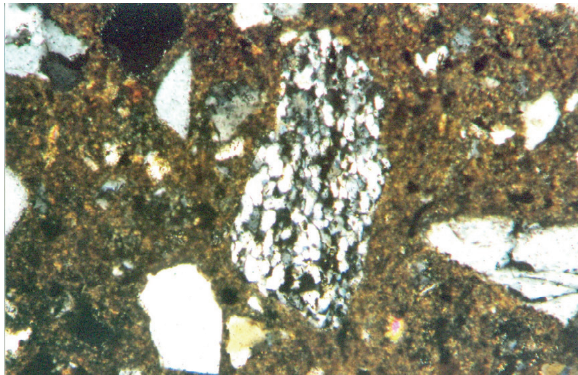
الشكل ١٤ أ: أرضية من معادن الطين الدقيق تحتوي على معدن الكوارتز بأشكاله المختلفة (Polarized light 50 X).



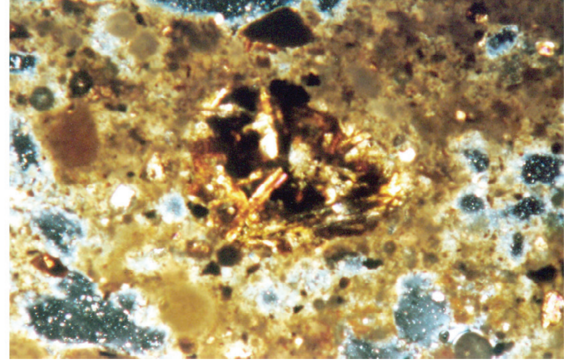
الشكل ١٤ ب: بقايا من الكالسايت المستخدم في تصنيع الطوب اللبن يظهر على يمين الصورة (Polarized light 50 X).

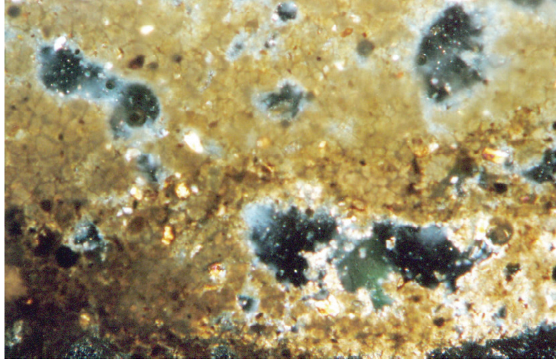


الشكل ١٤ د: بقايا حبيبات من الصخور النارية داخل مكونات الطوب اللبن (Polarized light 100 X).



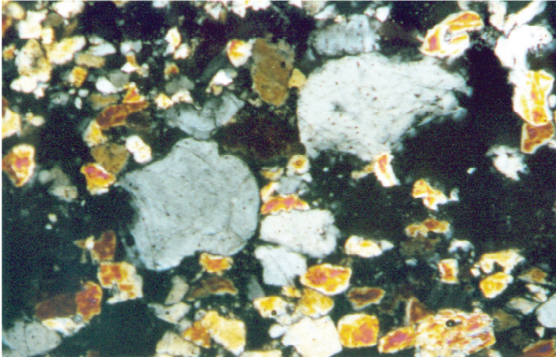
الشكل ١٤ ج: حبيبات الكوارتز وسط أرضية من معادن الطين (Polarized light 100 X).


أ


ب

الشكل ١٥: أ، ب: التركيب الداخلي لعينة مونة من موقع قرح (Polarized light 50 X).


أ


ب

الشكل ١٦: أ، ب: النسيج غير المتجانس بين حبيبات الكوارتز المدببة الحواف بداخل أرضية مكونة من الكوارتز الدقيق المخلوط مع معادن الطين والكالسايت.

٩- نتيجة الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح

يعدّ المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، المزود بوحدة (EDS) لتحليل العناصر، من الأجهزة المفيدة في دراسة مظاهر السطح للمادة الأثرية ودراسة التغيرات التي تطرأ على العينة موضوع الدراسة، إضافة إلى إمكانية استخدام التحليل بوحدة تفلور الأشعة السينية (EDS)، التي تبين مكونات العينة في الشكل عناصر، إضافة إلى إمكانية تصوير العينة بطريقة («BES» Back Electron Scattering)، حيث تظهر صورة العينة المتجانسة التكوين بلون رمادي متجانس؛ أما في حال وجود أكثر من مركب فيظهر التباين بين هذه المركبات باللون الأبيض. استخدم في هذا التحليل جهاز (JEOL JSM- ٦٣٨ OLA Analytical Scanning Electron microscope) في كلية العلوم بجامعة الملك سعود.

كانت نتيجة التحليل كما يلي:

٩-١- نتيجة الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح للطوب اللبن

من خلال تحليل عينات الطوب اللبن، من موقع قرح، وجد أنها تتكون من الطين والجير المخلوط مع كمية صغيرة من الرمل، وقد ظهر هذا من خلال التحليل بوحدة الأشعة السينية الملحقة بالمجهر الإلكتروني الماسح. ويظهر (الشكل ١٧: أ، ب) حالة التفتت السطحي للطوب اللبن وضعف المادة الرابطة. كما يوضح (الشكل: ١٨) نتيجة التحليل بـ (EDS)

لعينة الطوب اللبن وجود عناصر الكالسيوم والسيلكون والألمونيوم بنسبة عالية بالعينة.

٩-٢- نتيجة الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح للمونة

تبين من خلال فحص العينات وتحليلها أنها تتكون من الطين، كمكون أساسي يحتوي على الرمل الخشن وبقايا فتات الأحجار النارية والمتحولة، وكذلك بعض البقايا العضوية. ويظهر (الشكل ١٩: أ، ب) التلف السطحي للمونة وعدم تماسكها.

٩-٣- نتيجة الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح لطبقة الملاط

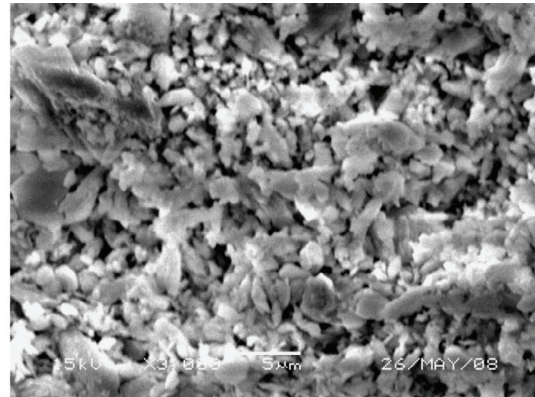
تبين من خلال تحليل عينات الملاط، المكون من طبقتين:

الطبقة الأولى: طبقة البطانة الداخلية، وتتكون من الطين المخلوط بالرمل والجير.

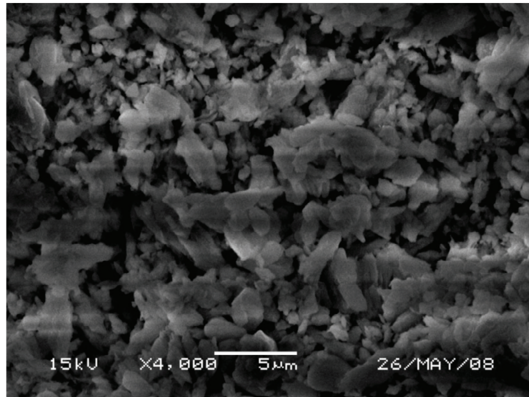
الطبقة الثانية: السطحية، تتكون من الجير المخلوط بالرمل، دقيق الحبيبات، ويتضح التلف السطحي للطبقة الخارجية من الملاط (الشكل ٢٠: أ، ب). يوضح (الشكل ٢١: أ، ب) نتيجة التحليل بـ (EDS) لعينة الملاط (A، B)، وجود عناصر الكالسيوم والسيلكون والألمونيوم واضحة في العينة.

٩-٤- نتيجة الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح للأحجار

تبين من خلال فحص عينات الحجر، المستخدم كدعامات بناء في موقع قرح، أنه يمكن تصنيفه كحجر جيري رملي غير متجانس الحبيبات، من حيث الحجم. فنجد أرضية من الجير المخلوط بحبيبات دقيقة جداً من الرمل مدبب الحواف، إضافة إلى وجود فجوات داخل

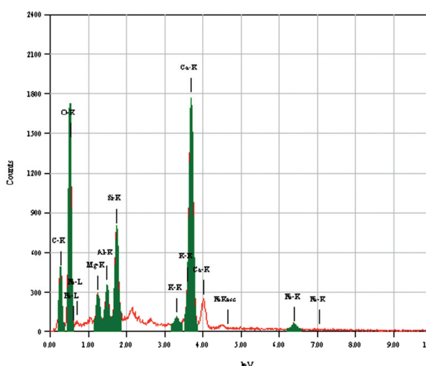


أ



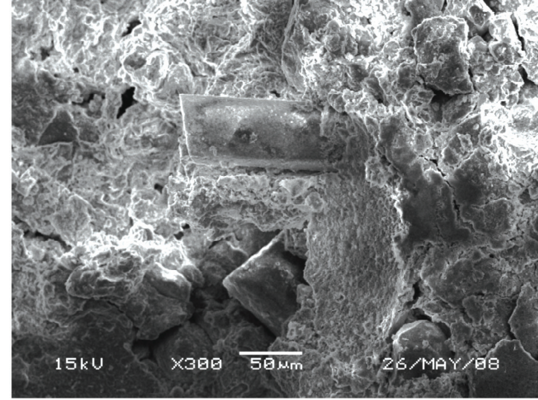
ب

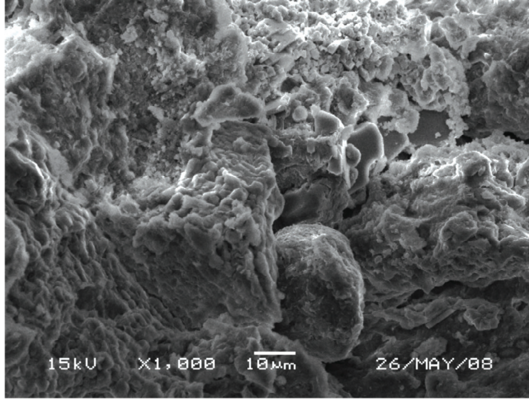
الشكل ١٧: أ، ب: صور بالمجهر الإلكتروني الماسح توضح حالة التفتت السطحي للطوب اللبن وضعف المادة الرابطة.



Element	(keV)	Counts	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C K	0.277	2809.96	13.15	0.00	26.10				1.8921
O K	0.525	11469.71	20.75	0.00	30.92				0.7315
Mg K	1.253	1696.62	2.30	0.04	2.26				0.5486
Al K	1.486	2338.48	3.34	0.03	2.95				0.5779
Si K	1.739	6094.06	8.93	0.01	7.58				0.5925
K K	3.312	750.78	1.74	0.12	1.06				0.9357
Ca K	3.690	18980.46	46.95	0.00	27.92				1.0000
Fe K	6.398	509.88	2.83	0.18	1.21				2.2476

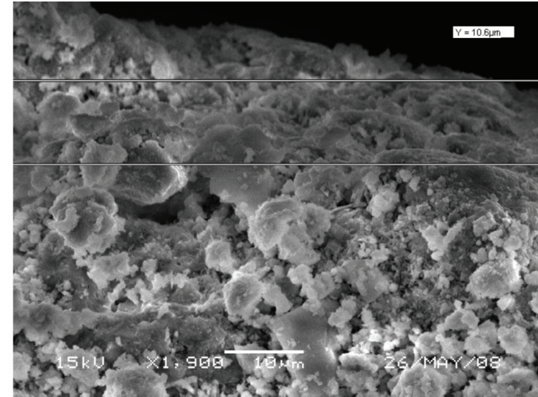
الشكل ١٨: يوضح نتيجة تحليل عينة الطوب اللبن بطريقة (EDS).

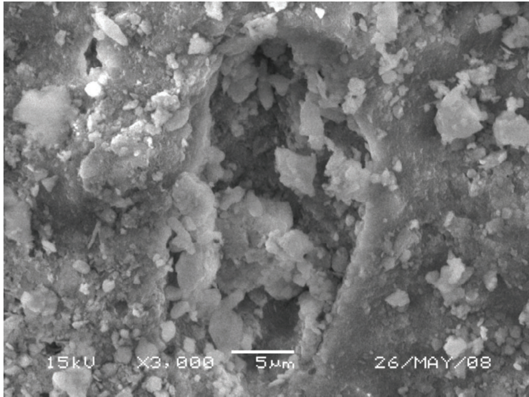




أ ب

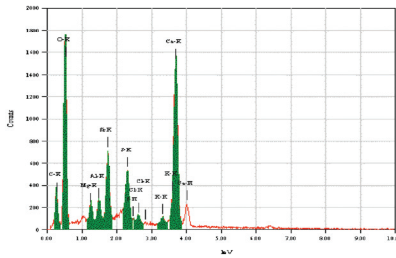
الشكل ١٩: أ، ب: صور بالمجهر الإلكتروني الماسح توضح التلف السطحي للمونة وعدم تجانسها وتماسكها.





أ ب

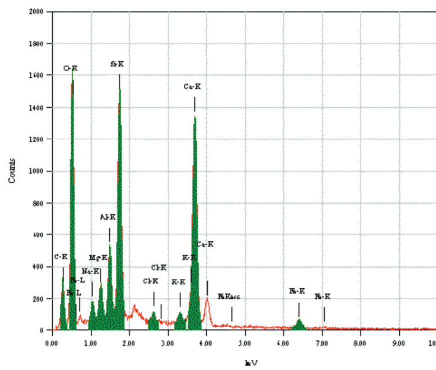
الشكل ٢٠: أ، ب: صور بالمجهر الإلكتروني الماسح توضح طبقة الملاط السطحية وما بها من ضعف وتلف.





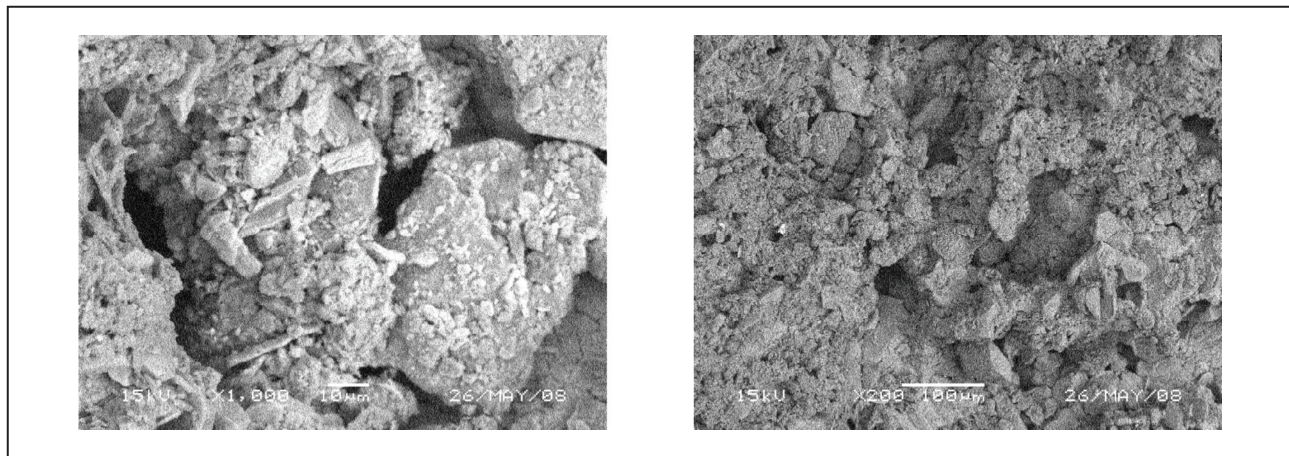
Element	(keV)	Counts	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C K	0.277	1875.59	9.54	0.01	19.42				1.8921
O K	0.525	11346.16	22.31	0.00	34.10				0.7315
Mg K	1.253	1343.33	1.98	0.06	1.99				0.5486
Al K	1.486	1667.75	2.59	0.05	2.35				0.5779
Si K	1.739	4930.92	7.85	0.02	6.84				0.5925
S K	2.307	3676.10	7.34	0.02	5.60				0.7432
Cl K	2.621	801.84	1.74	0.10	1.20				0.8070
K K	3.312	809.90	2.04	0.12	1.27				0.9357
Ca K	3.690	16597.51	44.61	0.01	27.22				1.0000
Total			100.00		100.00				

الشكل ٢١: أ: نتيجة تحليل عينة الملاط الخارجية (A) بطريقة (EDS).



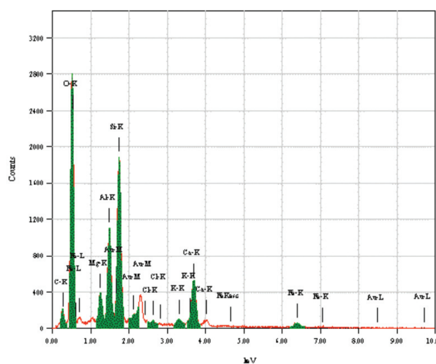
Element	(keV)	Counts	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C K	277	1618.94	7.88	0.01	16.39				1.8921
O K	0.525	10466.00	19.70	0.00	30.75				0.7315
Na K	1.041	998.85	1.45	0.07	1.57				0.5627
Mg K	1.253	1532.05	2.16	0.05	2.22				0.5486
Al K	1.486	3724.38	5.54	0.02	5.13				0.5779
Si K	1.739	12477.13	19.02	0.01	16.92				0.5925
Cl K	2.621	514.69	1.07	0.15	0.75				0.8070
K K	3.312	819.52	1.97	0.11	1.26				0.9357
Ca K	3.690	14514.11	37.34	0.01	23.27				1.0000
Fe K	6.398	668.58	3.87	0.14	1.73				2.2476
Total			100.00		100.00				

الشكل ٢١ ب: نتيجة تحليل عينة الملاط الداخلية(B) بطريقة (EDS).



ب أ

الشكل ٢٢: أ، ب: صور بالمجهر الإلكتروني الماسح توضح يظهر النسيج غير المتجانس بين حبيبات الكوارتز مدبب الحواف داخل أرضية مكونة من الكوارتز الدقيق المخلوط مع الطين والجير.



Element	(keV)	Counts	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
C K	0.277	1020.21	5.09	0.02	9.35				2.5867
O K	0.525	17946.97	34.63	0.00	47.76				1.0000
Mg K	1.253	2451.32	3.55	0.05	3.22				0.7501
Al K	1.486	8141.02	12.41	0.02	10.15				0.7901
Si K	1.739	15295.81	23.91	0.01	18.78				0.8101
Cl K	2.621	449.43	0.96	0.32	0.60				1.1033
K K	3.312	609.94	1.51	0.28	0.85				1.2792
Ca K	3.690	5356.74	14.13	0.03	7.78				1.3671
Fe K	6.398	641.86	3.81	0.27	1.50				3.0728
Total			100.00		100.00				

الشكل ٢٣: يوضح نتيجة تحليل عينة الحجر بطريقة (EDS).

التركيب الداخلي للحجر، حيث يظهر (الشكل ٢٢: أ، ب) النسيج غير المتجانس بين حبيبات الكوارتز مدبب الحواف داخل أرضية مكونة من الكوارتز الدقيق المخلوط مع الطين والجير. ويظهر (الشكل ٢٣) نتيجة التحليل بـ (EDS) لعينة الحجر، حيث إنها تمثل حبيبات الكوارتز والكالسيت ومعادن الطين وملح الهالايت، ويؤكد هذه النتيجة تحليل هذه العينة بطريقة المجهر المستقطب (PM).

١٠- نتيجة الفحص بطريقة حيود الأشعة السينية

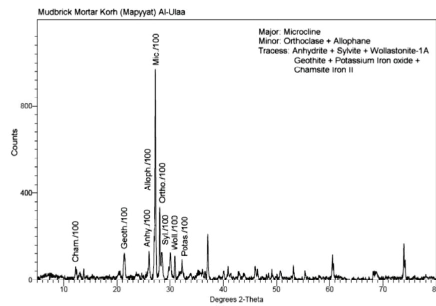
تعدّ طريقة حيود الأشعة السينية من الطرق المفيدة جداً في التعرف إلى مكونات المواد المتبلورة، مثل الأحجار، المعادن... إلخ؛ لذلك تم استخدامها لتشخيص التركيب المعدني لمواد البناء ومعرفته بموقع قرح، للوقوف على مدى تلف مثل هذه المواد[1]، كما يتضح من (الجدولين: ٢، ٣) و(الشكلين: ٢٤، ٢٥).

١١- نتيجة تحليل التربة

تعد دراسة تربة موقع قرح مهمة لمعرفة علاقتها بعوامل التلف، فكان لابد من معرفة خواصها وتأثيرها على الظواهر المعمارية في الموقع. ولهذا أُجريت لها بعض الاختبارات لمعرفة التوزيع الحجمي للحبيبات (Particle Size Distribution)، والخواص الفيزيائية للتربة المتمثلة في حد السيولة (Liquid Limit ،LL)، وحد المرونة (Plastic Limit ،PL)، والوزن النوعي (Specific Gravity ،SG). وقد كانت هذه الاختبارات كما يأتي:

الجدول ٢: نتائج التحليل والفحص بطريقة حيود الأشعة السنية لعينة مونة مباني الطوب اللبن

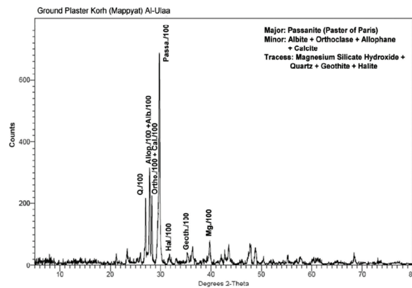
م	نوع العينة	المكونات	٪
١	مونه مباني الطوب اللبن 	Microcline (KAlSi3O8)	٤٥,٠٤
		Orthoclase (KAlSi3O8)	١٥,٧٦
		Allophane (Al2O3!2SiO2!3H2O)	٠٩,٤٥
		Anhydrite (CaSO4)	٠٥,٨٥
		Sylvite (KCl)	٠٥,٨٥
		Wollastonite-1A (CaSiO3)	٠٥,٨٥
		Geothite (α-FeOOH)	٠٥,٤٠
		Potassium Iron Oxide (K2Fe2O4)	٠٤,٥٠
		Chamosite, Iron II (Fe-Mg-Al-Si-Al-O-OH)	٠٢,٢٥



الشكل ٢٤: نتيجة تحليل عينة مونة مباني الطوب اللبن بطريقة بحيود الأشعة السينية

الجدول ٣: نتائج التحليل والفحص بطريقة حيود الأشعة السنية لعينة الملاط الأرضي الأملس

م	نوع العينة	المكونات	٪
١	ملاط أرضي أملس 	Passanite (Plaster of Paris) (2CaSO4.H2O)	٣٨,٠٢
		Albite (Na, Ca)(Si, Al)4O8	١٧,٤٩
		Orthoclase (KAlSi3O8)	١٢,٥٤
		Allophane (Al2O3!2SiO2!3H2O)	١٢,١٦
		Calcite (CaCO3)	٠٧,٩٨
		Magnesium Silicate Hydroxide (Mg39(SiO4)4(OH) 2)	٠٥,٥٦
		α-Quartz (SiO2)	٠٣,٠٤
		Geothite (α-FeOOH)	٠٢,٢٨
		Halite (NaCl)	٠١,٩٠



الشكل ٢٥: نتيجة تحليل عينة ملاط أرضي أملس بطريقة بحيود الأشعة السينية

١١-١ نتيجة تحليل تصنيف حبيبات التربة

لفهم طبيعة التربة وتكوينها يجب معرفة توزيع الحجم الحبيبي لها، الذي يشمل أقطار الحبيبات ونسبة وجود كل قطر (القصبي ١٩٩٣م: ٦١؛ يوسف ١٤٢٠هـ: ٣٠٣-٣٠٦)، قام الباحث بعمل التوزيع الحبيبي بطريقتين:

التحليل المنخلي (Sieve Analysis) للتربة الخشنة.
التحليل بالترسيب (Sedimentation Analysis) للتربة الناعمة.

أولاً: التحليل المنخلي

يتم تجفيف التربة عند درجة حرارة ١٠٥°، للتخلص من الرطوبة تماماً، ثم تفكيك حبيباتها، وبعد ذلك توزن كل عينة على حدة، ثم تمرر العينة من خلال مجموعة مناخل قياسية، الكميات المتبقية في كل منخل توزن بدقة، لمقارنة الكميات المارة من كل منخل بالوزن الكلي للعينة وتدون النتائج في جدول خاص. وفي حال احتواء التربة على بعض المواد العضوية كما هو الحال بتربة موقع قرح فيجب فصل المواد العضوية الناعمة بغسل عينة التربة وتجفيفها مرة أخرى قبل التحليل المنخلي، الذي يسمى هنا التحليل المنخلي بالغسيل. ويجب ملاحظة أن منخل رقم (٢٠٠) هو الذي يفصل بين التربة الخشنة (حصى، ورمل) والتربة الناعمة (طمي، وطين).

ثانيا: التحليل بالترسيب

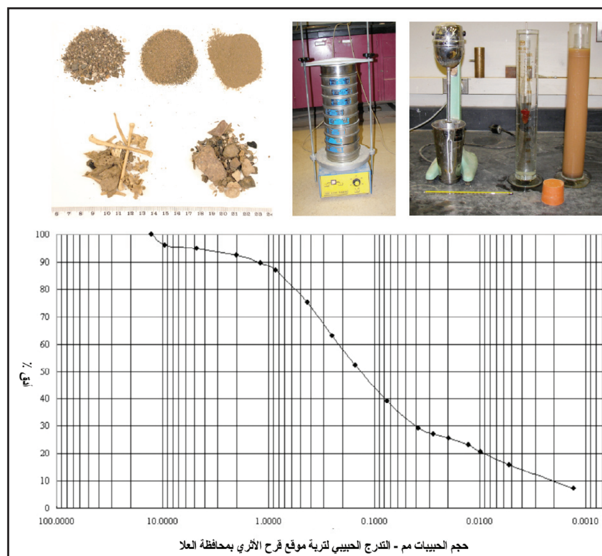
نظراً لصعوبة فصل الحبيبات الدقيقة عن بعضها بطريقة النخل فقد استخدمت عملية فصل الحبيبات بالترسيب، إذ تذوب هذه الحبيبات الناعمة (أقل من ٠,٠٧٤ - منخل ٢٠٠) في الماء، ثم يلاحظ الترسيب ومدته. وهذا ما يسمى باختبار الهيدروميتر (Hydrometer). وتتضح نتيجة اختبار تصنيف حبيبات التربة من (الشكل ٢٦).

١١-٢- نتيجة تحليل قوام التربة (حدود اتربرج)

قوام التربة يعني قدرتها على التشكل، وهذه تعتمد على نعومة الحبيبات ونسبة المياه فيها. ويتخذ القوام الحالات التالية (القصبي ١٩٩٣م: ٥٥): الحالة السائلة، والحالة المرنة، والحالة شبه الصلبة، والحالة الصلبة. والحدود الفاصلة بين هذه الحالات تسمى حدود اتربرج (Atterberg Limits)؛ وهي حد السيولة (Liquid Limit «LL»)، وحد المرونة (Plastic Limit «PL»)، وحد الانكماش (Shrinkage Limit «SL»). وتمثل هذه الحدود أهمية كبيرة في تصنيف التربة والتعرف إلى صفاتها، بالإضافة إلى معرفة قدرة التربة على التشكل. وقد تم تعريف تربة موقع حفائر قرح الأثري على أنها (Silty Sands، Sand-silt Mixtures «SM») أي خليط من الطمي والرمل الدقيق (الجدول ٤).

جدول ٤: الخصائص الفيزيائية لتربة موقع قرح (معمل التربة بقسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود).

Soil Properties	Qarh Soil
Liquid Limit , LL , %	28.9
Plastic Limit , PL , %	26.7
Plasticity Index , PI , %	2.2
Specific Gravity , SG	2.685
Gravel , %	5.2
Sand , %	55.5
Silt , %	29.3
Clay , %	10
% Passing # 200	39.3
Soil classification: Unified system	“SM” Silty Sands, Sand-Silt mixtures



الشكل ٢٦: نتيجة التحليل الحبيبي لعينة تربة موقع قرح.

١٤- مناقشة النتائج

هناك تنوع في الوحدات الصخرية لوادي العلا (صخور رملية، صخور نارية ومتحولة كقاعدة تحتية، صخور، إضافة إلى الترسبات الغرينية المكونة من الرمل والحصى والطين)، حيث تعدّ هذه الطبقة مهمة؛ لأنها تتصل مباشرة مع بقايا المباني الأثرية وأطلالها وتطمر بداخلها المعثورات الأثرية المختلفة، وقد وُصِفت هذه التربة طبقاً لتحليلها على أنها تربة رملية طموية، أو خليط من الطمي والرمل دقيق الحبيبات، طبقاً لنظام التصنيف الموحد للتربة (Unified Soil Classification system, ASTM Designation D-2487) (القصبي ١٩٩٣م، ٨٠-٨٦).

ومن هنا يمكن أن نستنبط تداخل هذه التربة (الطمي) مباشرة مع أسطح الأحجار المسامية، مثل الحجر الرملي، مكونة طبقة ذات لون بني يصعب تنظيفها (إزالتها)، وهذا يفسر وجود الطبقة داكنة اللون على أسطح الأحجار المكتشفة بموقع الحفائر (Saleh and Darwish: 2005: 75-90).

هناك تردد واضح بين درجات الحرارة والرطوبة خلال فترة الصيف، وإن كنّا نعتقد أن درجات الحرارة تصل لمعدل أكبر من ٣٧ درجة مئوية في الأشهر: يونيو ويوليو وأغسطس؛ في موقع قرح (المابيات) (عبد الهادي ١٩٩٧م: ٢٠٢).

يوجد تنوع كبير في مواد البناء المستخدمة في موقع قرح (المابيات)؛ هذا ما كشفت عنه البعثة الأثرية بجامعة الملك سعود في مواسمها الخمسة (١٤٢٦-١٤٢٩هـ)؛ فنجد جدران الطوب اللبن، ودعامات من الحجر الجيري الرملي، وأساسات من حجر الجرانيت، وجدراناً من الطوب الآجر، وأرضيات من البلاط الآجر، وأرضيات من اللياسة (الجبس والجير)، سواء كانت لياسة جدران أو لياسة أرضية. ومن واقع الفحص الميداني اتضح ضعف معظم هذه المواد أو تلفها، وهي كما يأتي:

ضعف المادة الخام لبعض مواد البناء، مثل الطوب اللبن ومونة الطين ولياسة الطين؛ ما يؤدي إلى انهيارها وفقدها لتماسكها وخواصها الميكانيكية، خاصة عند ارتفاع الرطوبة النسبية، أو تساقط الأمطار (Agnew 1987: 3-11). ولوحظ عند فحص عينات الطوب اللبن ومونة الطين بطرق الفحص والتحليل المختلفة وجود كمية من الطمي والطين تحتوي على حبيبات مختلفة من الرمل (الكوارتز SiO_2)، وفتات صخور متحولة ورسوبية مختلفة الأشكال والألوان. أما طبقات اللياسة (الملاط) فتتكون (في غالبية المربعات المكتشفة في الموقع) من طبقتين:

الطبقة الداخلية (رمادية اللون): وتتكون من رماد الفرن (بدلاً من الرماد البركاني) والجير، وفي بعض الأحيان الجبس - كمادة بيضاء -، والقش المقرط - كمادة عضوية -، إضافة إلى نسبة بسيطة من الرمل دقيق الحبيبات. الغرض الأساس من هذه الطبقة هو أنها مادة عازلة ومقاومة للرطوبة. ولوحظ انتشار مثل هذه الطبقات من اللياسة في الأماكن التي يستخدم فيها الماء بكثرة.

طبقة اللياسة البيضاء: حيث تتكون من خليط من الجير والجبس (انهيدريت أو الجبس الباريسي)، إضافة إلى الرمل كمادة مالئة، ولوحظ أيضاً وجود نسبة بسيطة من المواد العضوية؛ متمثلة في القش المقرط لزيادة تماسك تلك الطبقة. ويمكن استخدام الجير المخلوط بالجبس إلاّ أن الصانع كان يستخرج مادة الجير الخام من محجرها الذي غالباً ما تتداخل عروق الجبس الخام معه (للتأكد من هذا لابد من دراسة محاجر الجير بمنطقة العلا).

كذلك أظهرت نتائج التحاليل ضعف الحجر الرملي المستخدم كدعامات جانبية للجدران، حيث يحتوي على الجير، ومعادن الطين، وأكاسيد الحديد كمادة رابطة. ومن المعروف ضعف معادن الطين، وأكاسيد الحديد عند زيادة الرطوبة، خاصة انتفاخ معادن الطين بتأثير الرطوبة. وهذا قد يفسر التلف السطحي الشديد وفقدان الحجر الرملي حبيباته وطبقاته السطحية (الزهراني ١٤٢٧هـ: ٥١٥-٥٥٧).

من واقع دراسة العينات الأثرية (الأحجار، والطوب اللبن، والآجر، والمونة، والملاط) بدقة تبين أن معظم هذه العينات تعاني من ظاهرة التفتت السطحي، التي تسبب، بشكل أساسي، الفروق الكبيرة بين درجات الحرارة

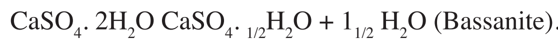
والرطوبة بالليل والنهار؛ ما يؤدي إلى حدوث توتر سطحي لهذه الخامات تعقبة شروخ دقيقة في الطبقة السطحية وقد تصل إلى انفصال أجزاء من الطبقة السطحية وفقدانها (معتمد؛ صالح ٢٠٠٧م: ٩-٢٣).

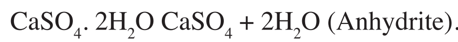
أما بخصوص الأمطار ونسبة هطولها بموقع قرح (المابيات) فيلاحظ وجود تباين كبير بين ندرة المطر وهطول المطر بغزارة في بعض المواسم، (يصل في بعض الأحيان إلى سيول جارفة)، وما يتبعها من تلف للمواقع الأثرية، خاصة تلك التي تحوي أطلال مبانٍ من الطين أو الطوب اللبن ومونة الطين (مثل موقع قرح)، حيث يمكن نزح وإذابة المواد القابلة للذوبان في الماء، سواء كانت مكونات حجرية (كالمواد الرابطة مثل أكاسيد الحديد والطفلة)، أو مكونات التربة، فضلاً عن التلف الفيزيائي.

وتكمن خطورة مياه الأمطار في أنها تؤثر مباشرة في موقع قرح الأثري وما يحويه، عند تسربها وتغلغلها داخل مواد البناء، بعد التنقيب فيه وعبر الشقوق السطحية. إضافة إلى ما تحمله مياه الأمطار من غازات التلوث، مثل: (SO_2, NO_2, CO_2) في شكل أحماض مخففة، بعد امتزاجها مع مياه الأمطار فتؤثر بشكل كبير على مواد البناء في الموقع؛ ويعدّ حمض الكربونيك (H_2CO3) من أخطر هذه الأحماض على الرغم من ضعفه (pH=5.6)، إلاّ أنه يحول مادة كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، غير القابلة للذوبان في الماء، إلى بيكربونات الكالسيوم ($CaHCO_3$) القابلة للذوبان في الماء، والتي يمكن نزحها بماء المطر؛ ما يؤدي إلى مزيد من عمليات التفكك وضعف مباني الموقع الأثري (كرونين وروبنسون ١٤٢٦هـ: ١٥٦).

كذلك يمكن تفسير وجود البقع الملحية البيضاء على سطح الأطلال الأثرية، بموقع قرح الأثري، نتيجة لإذابة مياه الأمطار الأملاح القابلة للذوبان في الماء، وتسربها إلى التربة تحت السطحية (Subsoil)، ومن ثم صعود هذا الماء الملحي إلى داخل الأطلال الأثرية بالخاصية الشعرية عند ارتفاع درجة الحرارة وزيادة عمليات التبخر للماء الملحي تاركاً خلفه البقع الملحية البيضاء على سطح التربة وأسطح الأطلال الأثرية سابقة الذكر.

بينت نتائج التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية (XRD) أن الملاط الأرضي الأملس، الذي يكسو أرضيات خزانات المياه، في بعض المنازل الأثرية بموقع قرح، تتكون من: الباسونيت والألبيت والأرثوكليز والألوفين كمعادن طينية، والكالسيت (جير) والكوارتز (رمل دقيق كمادة مالئة). والباسونيت (Bassanite $2CaSO_4.H_2O$ «Plaster of Paris») وهو أحد أطوار الجبس إذا ما تم حرقه عند درجة حرارة ١٣٠°م - ١٦٠°م. أما إذا حرق الجبس عند درجة حرارة ٣٠٠°م فإنه يتحول إلى أنهيدريت كما يتضح من المعادلات التالية (Martinet 1992: 77-78):


$CaSO_4 . 2H_2O\ CaSO_{4 \cdot 1/2}H_2O + 1_{1/2}\ H_2O$ (Bassanite).


$CaSO_4 . 2H_2O\ CaSO_4 + 2H_2O$ (Anhydrite).

ومن المعروف أن معدن الأنهيدريت يتحلل بسهولة نتيجة لامتصاصه الرطوبة ويتحول إلى مادة الجبس، ويصحب هذه العملية زيادة في الحجم، ودائماً يوجد الانهيدريت مصاحبا للجبس (حلمي ١٩٨٠م: ٣٣٩-٣٤٢).

ومن خلال ملاحظة سطح اللياسة (الملاط) تبين تعمد الصانع استخدام مكونات ناعمة جداً (دقيقة الحبيبات) خاصةً عند السطح، حتى يستطيع خلطها خلطاً جيداً وجعلها متساوية ومدموكة؛ ليقلل قدر المستطاع من المسام السطحية (لتمنع تسرب المياه إلى الطبقات السفلية من البناء).

التوصيات

بعد دراسة مواد البناء ومعاينتها وتحليلها: (طوب لبن، وطوب آجر، وأحجار، ومونة، وملاط) بموقع قرح الأثري اتضح أن معظم مواد البناء تعاني من الضعف والتلف الشديدين، الذين يمكن إرجاعهما بصورة أساسية إلى الفروق الكبيرة بين درجات الحرارة والرطوبة التي يتعرض لها الموقع أثناء الليل والنهار. كذلك التعرض إلى فترات طويلة من الجفاف وندرة المطر، والتي قد يعقبها أمطار غزيرة وسيول، إضافة إلى الضعف في مكونات بعض هذه المواد، منذ بداية التشييد، مثل الطوب اللبن ومونة الطين. لذا يوصي الباحث بما يأتي:

- وضع خطة علاجية لحماية الموقع، قصيرة المدى، لعلاج وصيانة الحالات الحرجة والمهددة بالاندثار على وجه السرعة، ثم وضع خطة علاجية طويلة المدى لإعادة تأهيل وتخطيط الموقع عامة، وتهيئته ليكون أحد المعالم الأثرية المهمة بالمملكة العربية السعودية الجاذبة للسياحة.
- قياس سرعة الرياح واتجاهاتها، ودرجات الحرارة والرطوبة في الموقع وتسجيل القراءات بشكل دوري، وذلك لأهمية هذه القراءات في حال استخدام مواد تقوية أو عزل (قد تتأثر من ارتفاع درجات الحرارة أو الرطوبة أو بسرعة الرياح) لمواد البناء في الموقع.
- تنظيف الأساسات الحجرية وعزلها لحمايتها من الأتربة دقيقة الحبيبات، التي يمكن أن تؤثر على شكل الحجر ولونه.
- عمل مظلات خاصة تتكون من مواد لا تضر بالموقع الأثري أو بشكله أو خاماته لوقاية الموقع وأطلاله الأثرية من أشعة الشمس والأمطار والرياح.
- عمل شبكة صرف لمياه الأمطار لنقلها بعيداً عن موقع الحفرية.

عبد الناصر بن عبد الرحمن الزهراني، قسم إدارة موارد التراث والإرشاد السياحي، كلية السياحة والآثار، جامعة الملك سعود.

الهوامش

(١) تم استخدام جهاز JEOL JDX-8030 X-Ray Diffractometer System بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية – معهد بحوث الطاقة الذرية. الرياض – المملكة العربية السعودية.

* **شكر وتقدير:** يتقدم الباحث بالشكر الجزيل، والتقدير العميق، لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، ممثلة في معهد أبحاث الطاقة الذرية. كما يقدم شكره وتقديره لمركز البحوث وقسم الجيولوجيا في كلية العلوم بجامعة الملك سعود. وكذلك لا يفوته أن يشكر قسم الهندسة المدنية في كلية الهندسة في جامعة الملك سعود. وأخيراً الشكر والتقدير للدكتور محسن محمد صالح للنصائح القيمة التي قدمها له، ولدوره في تحضير العينات ومناقشتها معه.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

إبراهيم، محمد؛ وضيف الله الطلحي؛ ومايكل جيلمور؛ وجمال مرسي ١٤٠٥هـ، «تقرير مبدئي عن نتائج الاستكشافات الأثرية في موقع المابيات الإسلامي، الموسم الأول ١٤٠٤هـ»، **أطلال**، العدد التاسع، ص ١١٣-١٢٣.

إبراهيم، محمد؛ وضيف الله الطلحي وآخرون ١٤٠٦هـ، «تقرير حفرية المابيات الموسم الثاني ١٤٠٥هـ»، **أطلال**، العدد التاسع، ص٧١-٧٨.

ابن قتيبة ١٩٦٠م، المعارف، تحقيق ثروت عكاشة، القاهرة.

البكري، أبو عبيد عبد الله بن عبد العزيز ١٩٨٣م، **معجم ما استعجم من أسماء البلاد والمواضع**. حققه وضبطه مصطفى السقا ج٢، ط٣. بيروت.

الإصطخري ١٩٢٧م، **المسالك والممالك**، ط٢ تحقيق دي جويه. ليدن.

الأصفهاني، الحسن (لغده) ١٩٦٨م، **بلاد العرب**، تحقيق حمد الجاسر وصالح العلي. الرياض.

الأفغاني، سعيد ١٩٦٠م، **أسوق العرب**. دمشق.

حلمي، محمد عز الدين ١٩٧٨م، **علم المعادن**. مكتبة الانجلو المصرية. القاهرة.

الزهراني، عبد الناصر بن عبد الرحمن ١٤٢٧هـ، «عوامل تلف المواقع الأثرية: حالة دادان – العلا». **مداولات اللقاء العلمي السنوي السابع لجمعية التاريخ والآثار بدول مجلس التعاون الخليجي. المنامة- مملكة البحرين (٢٠-٢٣ ربيع الأول ١٤٢٧هـ/ ١٨-٢١ إبريل ٢٠٠٦م)**، ص: ٥١٥-٥٥٧.

عبد الهادي، محمد، ١٩٩٧م، **دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية**. مكتبة زهراء الشرق. القاهرة.

العمير، عبد الله بن إبراهيم وآخرون ١٤٢٧هـ، «حفرية مدينة قرح (المابيات) الإسلامية بمحافظة العلا الموسم الأول لعام ١٤٢٥هـ»،

أطلال، العدد التاسع عشر، ص ٢١٧-٢٥٢.

الفقير، بدر بن عادل، ١٤٢٧هـ، **السياحة في محافظة العلا: موارد الجذب ومعوقات التنمية، دراسة في الجغرافيا السياحية**، مركز بحوث كلية الآداب، عمادة البحث العلمي، جامعة الملك سعود.

القصبي، عبد الفتاح ١٩٩٣م، **ميكانيكا التربة**. دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع. القاهرة.

كرونين، ج؛ روبنسون، و.، ١٤٢٧هـ، **أساسيات ترميم الآثار**. ترجمة عبد الناصر الزهراني. جامعة الملك سعود، النشر العلمي والمطابع.

معتمد، محمد؛ صالح، محسن، ٢٠٠٧م، «أعمال الترميم والصيانة للمسرح الروماني بتل الفرما – شمال سيناء المرحلة الأولى ٢٠٠١-٢٠٠٦م». كتاب **مؤتمر وورشة العمل الدولية الثالثة في مجال الترميم** – كلية الفنون الجميلة – جامعة المنيا، أبريل ٢٠٠٧م، ص ٩-٢٣.

المقدسي، المعروف بالبشاري ١٩٠٦م، **أحسن التقاسيم في معرفة الأقاليم**، ط٢. ليدن.

يوسف، أحمد فوزي، ١٤٢٠هـ، **أجهزة وطرق تحليل التربة والمياه**. جامعة الملك سعود. النشر العلمي والمطابع. الرياض.

ثانياً: المراجع غير العربية

Doughty, C. 1921. **Travel in Arabia Deserta**. Cambridge 1888, 3rd Edition, London.

Gurdal, E., Ersen, A., Gulec, A. & Baturayoglu, N. 2001. "Deterioration and Consolidation Of The Sirincavus Volcanic Tuff". In: **Proceedings Of The 2nd International Congress on Studies In Ancient Structures**. Organized By Yildiz Technical University Faculty of Architecture. July 9-13, 2001. Istanbul-Turkey. P. 627-636.

Ali, H.; Saleh, M.; & Poksinska, M. 2002. "The Use Of Polarized Microscope". In: The Study Of The Brick, Mortar And Plaster Used In AL- Foustat Houses, Old Cairo, Egypt. In **Conference and Workshop on Conservation and Restoration**, Faculty of Fine Arts, Minia Univ., April 2002. P. 1-10.

Hadley, G. D. 1985. **Explanatory Notes To The Geologic map of The Sahl Al-Matran**. Sheet. Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Petroleum and Mineral Resources.

Martinet, G. 1992. **Gres et. Mortiers du Templed Amon a Karnk (haute Egypte): Etudes des Alterations aide a la Restauration**. Paris: Laboratoire Central des Ponts et Chaussees.

Papayianni, I. and Stefanidou, M. 2001. "Porosity And Structure Of Old Mortars". In: **Proceedings Of The 2nd International Congress on Studies In Ancient Structures**. Organized By Yildiz Technical University Faculty of Architecture. July 9-13, 2001. Istanbul-Turkey. P. 509-517

Saleh, M. and Darwish, S. 2005. "Thin Black Layers and Black Crusts in Historical Monuments: Their Characterization and The Role of Air Pollution Deterioration". In: **Journal of The Faculty of Archaeology** Vol. XX. Cairo University. P. 75-90.

Al-Bassam, M. Abdulaziz & Al-Alawi, J. 1994. "Hydrogeological and Hydrochemical Study of Al-Ula Area- Kingdom of Saudi Arabia". In: M. E. R. C. Ain Sahms University, **Earth Sci. Ser.**, Vol. 8. P. 88-90.

Agnew, N. et. al. 1987. "Strategies for Adobe Conservation". In: **5th International Meeting of Experts of The Conservation of Earth Architecture**. Rome, Italy - October 22-23, 1987 - ICCROM and CRATerre, under the aegis of ICOMOS-ISCEAH. P. 3-11.

Akman, M. S. 2001. "Experimental Researches And Methods Carried Out On Ancient Structures". In: **Proceedings Of The 2nd International Congress on Studies In Ancient Structures**. Organized By Yildiz Technical University Faculty of Architecture. July 9-13, 2001. Istanbul-Turkey. P. 491-498.

Anders, S. N., Kate, T. 1991. **Stone Weathering, Air Pollution Effects Evidenced by Chemical Analysis**, Stockholm.

Bonora, V., Fabbri, B., Negrotti, R. & Proni, A. 2001. "Preliminary Investigations On Construction Materials And Conservation State Of A Historical Building In Rural Area Near Faenza (Italy)". In: **Proceedings Of The 2nd International Congress on Studies In Ancient Structures**. Organized By Yildiz Technical University Faculty of Architecture. July 9-13, 2001. Istanbul-Turkey P. 637-647.

Aoki, T. Ito, N. Miyamura, A. Kadoya, T. & De Stefano, A. 2001. "A Fundamental Study On Relationship Between Color And Mechanical Characteristics Of Slaked Lime Mortar Used For Historical Masonary Structures". In: **Proceedings Of The 2nd International Congress on Studies In Ancient Structures**. Organized By Yildiz Technical University Faculty of Architecture. July 9-13, 2001. Istanbul-Turkey. P. 541-551.